

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-289190

(43)Date of publication of application : 04.11.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/306
H01L 21/465
H01L 29/06
H01L 29/66
H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number : 08-098229

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 19.04.1996

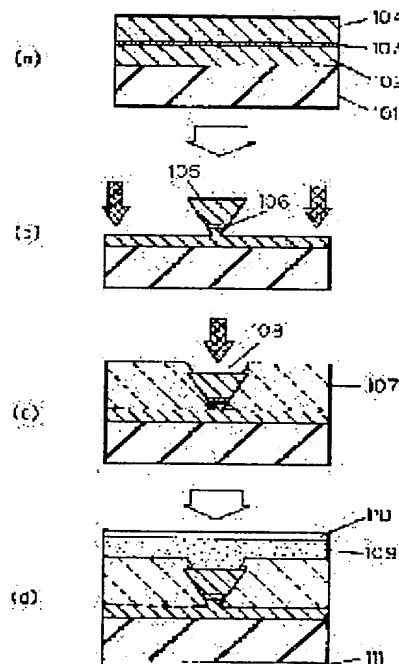
(72)Inventor : NISHIKAWA KOJI
SHIMAZAKI TAKESHI

(54) MESA FORMING METHOD AND QUANTUM FINE LINE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method of a quantum fine line structure of II-VI semiconductor which can be easily formed by an MBE method without using a V-shaped trench.

SOLUTION: An N-type ZnSe layer 102, an active layer 103 of ZnCdSe, a P-type ZnSe layer 104 are laminated on an N-type GaAs substrate 101. This laminated structure is etched and a mesastructure 105 is formed. A quantum fine line structure 106 is formed in the mesastructure 105. The mesastructure 105 and the quantum fine line structure 106 are buried in a buried layer 107. The buried layer 107 is so etched that the mesastructure 105 is exposed, and an aperture 108 is formed. A contact layer 109 doped in a P-type is crystal-grown on the buried layer 107 on which the aperture 108 is formed. By this structure, width and thickness of the quantum fine line are arbitrarily selected in II-VI semiconductor material, and formation is enabled with excellent reproducibility. Then a quantum fine line structure of high performance can be realized.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-289190

(43) 公開日 平成9年(1997)11月4日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/306		H 0 1 L 21/306	A
	21/465		21/465	
	29/06		29/06	
	29/66		29/66	
	33/00		33/00	D
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-98229

(22) 出願日 平成8年(1996)4月19日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 西川 孝司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 嶋崎 武

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

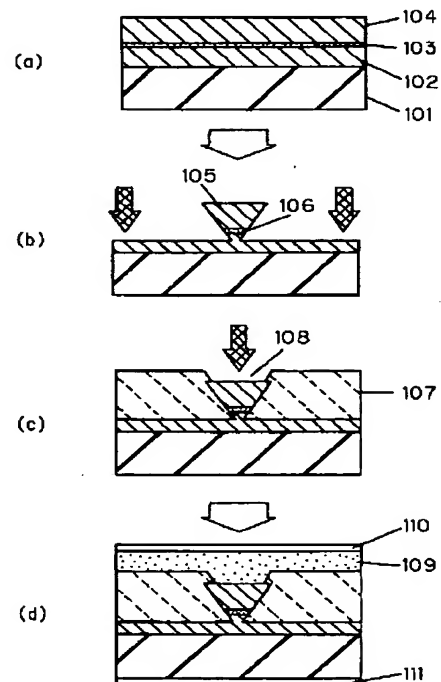
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 メサ形成方法及び量子細線デバイス

(57) 【要約】

【課題】 V字型の溝を用いず、MBE法を使って容易に作成可能なII-VI族系半導体の量子細線構造の製造方法を提供する。

【解決手段】 n型GaAs基板101上に、n型ZnSe層102、ZnCdSeの活性層103、p型ZnSe層104が積層されている。この積層構造をエッチングしてメサストライプ105が形成されている。メサストライプ105中に量子細線構造106が形成される。更に埋め込み層107で埋め込まれている。埋め込み層107を、量子細線構造106が露出するようにエッチングし開口108が形成されている。開口108を設けた埋め込み層107の上にp型にドーブしたコンタクト層109が結晶成長されている。この構成によってII-VI族系半導体材料において量子細線の幅及び厚さが任意に選ばれ、再現性よく形成される。それによって高性能な量子細線構造が実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 $K_2Cr_2O_7$ 水溶液と H_2SO_4 水溶液とが混合されたエッチャントによってII-VI族化合物半導体層にメサを形成するメサ形成方法。

【請求項2】 $K_2Cr_2O_7$ 水溶液と H_2SO_4 水溶液とが混合されたエッチャントであり、その $K_2Cr_2O_7$ 水溶液の濃度が $0.1 \sim 0.3 mol/l$ 、 H_2SO_4 水溶液の濃度が $9 \sim 18 mol/l$ であるようなエッチャントによってエッチングすることによりII-VI族化合物半導体層にメサを形成するメサ形成方法。

【請求項3】 $ZnSe$ 系半導体層を量子井戸層とし、それよりもバンドギャップの大きい $ZnSe$ 系半導体層を障壁層とした量子井戸構造を、請求項1に記載のエッチャントでエッチングすることにより形成した量子細線を活性層として持つことを特徴とする量子細線デバイス。

【請求項4】 前記エッチングにより、逆メサを形成することを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項5】 前記逆メサ側面が $\{221\}$ B面であり、ストライプの方向が $\langle 1-10 \rangle$ であることを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項6】 前記量子細線の幅が、 $10 nm$ 以下であることを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項7】 前記メサ上面の幅が、 $0.5 \mu m$ 以上であることを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項8】 前記逆メサの側面に、前記活性層よりも屈折率の低い層を埋めこみ層として持つことを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項9】 埋めこみ層が、 $Zn_{1-x}Mg_xSySe_{1-y}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) であることを特徴とする請求項8に記載の量子細線デバイス。

【請求項10】 II-VI族化合物半導体を量子井戸層とし、前記量子井戸層よりもバンドギャップの大きいII-VI族化合物半導体層を障壁層として持つことを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項11】 活性領域を、量子井戸層と、前記量子井戸層を挟む光ガイド層と、前記光ガイド層を挟むクラッド層とを備えたSCH構造を持つことを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項12】 量子井戸層、および障壁層は、 $ZnCdSe$ 、 $ZnSe$ 、 $ZnSSe$ 、 ZnS 、 $ZnMgS$ 、 $ZnMgSSe$ から選ばれたものであり、かつ、前記量子井戸層は、前記障壁層よりもバンドギャップが小さいことを特徴とする請求項11に記載の量子細線デバイス。

【請求項13】 量子井戸層の下にエッチング停止層を有していることを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【請求項14】 エッチング停止層が、 $InGaAs$ 、 $GaAs$ 、 $AlGaAs$ 、 $AlAs$ から選ばれたものであることを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイ

ス。

【請求項15】 エッチング停止層の直上に、量子井戸層が形成されていることを特徴とする請求項3に記載の量子細線デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体量子細線構造、それを用いた半導体発光素子、エッチング方法及びそれを用いた発光素子の製造方法に関するものであり、特にII-VI族化合物半導体を材料とする青・緑色領域で発振する半導体レーザ、及びエッチングとMBE法を用いたその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 エッチングやパターン形成された基板への結晶成長などによって量子細線や量子箱等の低次元量子構造を形成し、超低しきい値レーザなどを実現するための開発が盛んである。従来の $GaAs$ 系半導体材料に関する量子細線の結晶成長方法は、たとえばアブライド・フィジックス・レターズ誌第55巻26号2715項から2717項（1989年）（Applied Physics Letters 55 (26) (1989) pp. 2715-2717）に示されている。

【0003】 図7は従来の $GaAs$ 系量子細線の結晶成長方法の一例であるMOCVD（有機金属化学気相成長）法を用いた量子細線レーザ形成時の細線構造形成プロセスの一部分を示すものであり、701は $n+-GaAs$ 基板、702は $n-GaAs$ バッファ層、703は $n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ クラッド層、704は $n-Al_xGa_{1-x}As$ ($x=0.5 \sim 0.2$ まで連続的に変化) 導波層、705は $GaAs$ 量子細井戸層、706は三日月型の $GaAs$ 量子細線層、707は $p-Al_xGa_{1-x}As$ ($x=0.5 \sim 0.2$ まで連続的に変化) 導波層、708は $p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ クラッド層、709は $p+-GaAs$ キャップ層、801はプロトン (H^+) のイオン注入を行った高抵抗層、802は p 型電極の Ti/Al 層である。以下の工程 (a) から (d) で量子細線レーザは形成される。

【0004】 (a) $n+-GaAs$ 基板701にリソグラフィーを用いて (0-11) 方向にそってパターンを形成し、エッチングによりV字型の溝を形成する。

【0005】 (b) $n-GaAs$ バッファ層702、 $n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ クラッド層703、 $n-Al_xGa_{1-x}As$ ($x=0.5 \sim 0.2$ まで連続的に変化) 導波層704、 $GaAs$ 量子細線層705、三日月型の $GaAs$ 量子細線層706、 $p-Al_xGa_{1-x}As$ ($x=0.5 \sim 0.2$ まで連続的に変化) 導波層707、 $p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ クラッド層708、 $p+-GaAs$ キャップ層709を有機金属気相成長法 (MOVPE法) を用いて前記V字型溝を形成された $n+-GaAs$ 基板701上に結晶成長する。

【0006】 (c) V字型溝の一部を覆うようにマスク

を配置し、プロトン (H^+) のイオン注入を行って721の領域を高抵抗化する。(d) 前記イオン注入に用いたマスクを除去した後、Ti/Auを蒸着し、p型電極722とする。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の方法では量子細線となる三日月型部分の厚さや幅を任意に制御することが困難であった。またその三日月型部分の厚さと幅を独立に制御することも困難であった。

【0008】またV字型の溝をMOVPE法で埋め込む必要があるため、MOVPE法による結晶成長及びドーピング制御法が確立されていないII-VI族系半導体材料にこの方法を適用するのは困難であった。

【0009】そこで本発明では従来量子細線構造実現のために用いられていたV字型の溝を用いず、MBE法を使って容易に作成可能な構造の製造方法、II-VI族系半導体に適用可能な構造の製造方法、及び量子細線構造の幅と厚さを任意に制御し、また量子細線構造の幅と厚さを独立に制御する構造の製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のメサ形成方法及び量子細線構造ではII-VI族系半導体層からなる量子井戸構造を $K_2Cr_2O_7$ (重クロム酸) を含むエッチャントでエッチングしシャープなメサ構造を形成していることを特徴とする。

【0011】前記構成においてエッチングに用いるエッチャントの組成が $K_2Cr_2O_7$ 水溶液と H_2SO_4 水溶液が体積比で2:1の割合で混合されたものであり、その $K_2Cr_2O_7$ 水溶液の濃度が0.1~0.3mol/l、 H_2SO_4 水溶液の濃度が9~18mol/lであることを特徴とする。

【0012】またZnSe系半導体層を量子井戸層として持ち、それよりもバンドギャップの大きいZnSe系半導体層を障壁層とした量子井戸構造を、前記エッチャントでエッチングすることにより形成した量子細線を活性層として持つことを特徴とする。

【0013】また前記エッチングにより、ストライプの方位を選ぶことによって逆メサ形状を形成し量子細線構造を形成することを特徴とする。

【0014】また前記逆メサ側面が{221}B面であり、ストライプの方向が<110>であることを特徴とする。

【0015】また前記量子細線の幅が、10nm以下であることを特徴とする。また前記メサ上面の幅が、0.5μm以上であることを特徴とする。

【0016】また前記逆メサの側面に、前記活性層よりも屈折率の低い層を埋めこみ層として持つことを特徴とする。

【0017】また埋めこみ層が、 $Zn_{1-x}Mg_xSySe_1$

$-y$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) であることを特徴とする。

【0018】またII-VI族化合物半導体を量子井戸層とし、前記量子井戸層よりもバンドギャップの大きいII-VI族化合物半導体層を障壁層として持つことを特徴とする。

【0019】また活性領域を、量子井戸層と、前記量子井戸層を挟む光ガイド層と、前記光ガイド層を挟むクラッド層とを備えたSCH構造を持つことを特徴とする。

【0020】また量子井戸層、および障壁層は、ZnCdSe、ZnSe、ZnSSe、ZnS、ZnMgS、ZnMgSSeから選ばれたものであり、かつ、前記量子井戸層は、前記障壁層よりもバンドギャップが小さいことを特徴とする。

【0021】また量子井戸層の下にエッチング停止層を有していることを特徴とする請求項2に記載の量子細線レーザ。

【0022】またエッチング停止層が、InGaAs、GaAs、AlGaAs、AlAsから選ばれたものであることを特徴とする。

【0023】またエッチング停止層の直上に、量子井戸層が形成されていることを特徴とする。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明における半導体レーザの実施例について図面を参照しながら説明する。

【0025】(実施例1) 図1は本発明の第1の実施例の半導体レーザの製造工程を示した図である。

【0026】図1(a)のように、n型GaAs基板(n型InP基板、n型ZnSe基板でもよい)101上に、n型ZnSe(n型ZnSSe、n型ZnMgSSeでもよい)層102、ZnCdSe(ZnSe、ZnCdS、ZnSSe、ZnSでもよい)の活性層103、p型ZnSe(p型ZnSSe、p型ZnMgSSeでもよい)層104が積層されている。

【0027】次にこのp型ZnSe層104上に適当な幅を持った適当な性能のマスクをストライプ状に形成し、この積層構造をエッチングして図1(b)の様にメサストライプ105を形成する。この時、エッチングを量子井戸構造103よりも深いところまで行うことによって、メサストライプ105中に量子細線構造106が形成される。

【0028】エッチングに用いるエッチャントには、 $K_2Cr_2O_7$ を含むエッチャントを用いる。このエッチャントは組成が $K_2Cr_2O_7$ 水溶液と H_2SO_4 水溶液が体積比で2:1の割合で混合されたものであり、その $K_2Cr_2O_7$ 水溶液の濃度が0.1~0.3mol/l、 H_2SO_4 水溶液の濃度が9~18mol/lである。

【0029】このエッチャントを使ったエッチングによって良好なメサ形状を得ることができる。断面を走査型

電子顕微鏡（SEM）で観察した場合、エッチングされた表面は平坦であり、直線的で湾曲していない。またメサストライプの方向を選ぶことにより逆メサ形状と順メサ形状を選択することができる。例えばメサストライプの方向として＜1-10＞を選択した場合、そのメサ形状は逆メサとなる。またこのエッチャントで得られるメサ形状に現れている面指数は（221）B面となる。

【0030】次に図1（c）の様にメサストライプ形状を活性層である量子細線構造106よりも低い屈折率を持ち、無ドーパの埋め込み層107で埋め込む。この埋め込み層107は無ドーパであるために同時に絶縁層としても機能する。この時この埋め込み層107の材料にはZnCdSe、ZnSe、ZnSSe、ZnS、ZnMgSSe、の中から基板101に格子整合し、量子細線構造106よりも低い屈折率を持つように選ばれる。例えば基板101がGaAsであり、量子細線構造106がZnCdSeで構成されている場合この埋め込み層は例えばZnSSeである。

【0031】この時埋め込み層107は例えば分子線結晶成長法（MBE）法か有機金属気相成長法（MOVPE）によって成長する。またこのMBE法の分子線源には例えばZnSe、ZnS、CdSe、ZnTe、MgSe、MgS等の化合物ソースを用いる。

【0032】次に図1（c）にあるように量子細線構造105を埋め込んだ埋め込み層107を、量子細線構造105が露出するようにエッチングし開口108を形成する。エッチングには例えば上述した様なK₂Cr₂O₇を含むエッチャントか飽和臭素水を含むエッチャントを用いる。

【0033】次に図1（d）にあるように開口108を設けた埋め込み層107の上にp型にドーパしたコンタクト層109を結晶成長する。このコンタクト層109の材料には例えば、ZnSe、あるいはZnTe、あるいはZnSeとZnTeの多重量子井戸層、疑似混晶層などが考えられる。更に同じく図1（d）にあるようにコンタクト層109の上にp型電極を蒸着などにより形成し、またn型基板101の表面にn型電極111を蒸着などにより形成する。この時例えばp型電極にはAu／Ag／Ni、やAu／Pt／Ti／Ni、Au／Pt、などが考えられる。それぞれ電極層で最後に書かれてある金属がp型コンタクト層に接している。また例えばn型電極層にはAu／Ge／Ni／Ti／Pt／AuやAu／Ge／Auなどが考えられる。この時もそれぞれ電極層で最後に書かれてある金属がn型コンタクト層に接している。また上記の構成の中でコンタクト層109は無くてもよい。

【0034】以上の様な過程で作成された構成は、量子細線106の幅が十分細くなるように形成することによって量子効果を現し、超低しきい値や短波長化などの特徴を持つ量子細線レーザとなる。

【0035】上記量子細線構造レーザで量子細線106が量子効果を表すためにはその幅が十分細くなければならない。例えばその大きさとしては幅、厚さとも10nmである。本発明では量子細線106の幅と厚さを任意に制御することが可能である。

【0036】その一つは図1（a）において最初に量子井戸層103を形成するときに適当な厚さを結晶成長しておくことである。この量子井戸層103の厚さは量子細線106の厚さに等しい。またもう一つはエッチングによってメサストライプ105を形成し幅を狭くすることである。メサエッチングする前の幅は基板の幅に等しい。エッチングによるメサの形成後は量子細線106の幅はエッチングの深さと量子井戸層の位置によって任意に決定することができる。

【0037】量子井戸層の位置及びエッチングによるメサの形成と量子細線層の幅との関係を模式的に表したのが図8である。

【0038】図8の様にエッチングによってメサストライプを形成するときに使われたストライプマスクの幅、あるいはエッチング後ストライプマスクよりは少し小さくなって残されたメサストライプの上端の幅をWとする。エッチングによって形成された逆メサ形状の側面と上面のなす角をθとする。メサの上面から量子細線構造までの深さをhとする。得られた量子細線の幅をωとする。この場合それぞれの関係は下の様な式（1）で与えられる。

【0039】

$$h = (W - \omega) / 2 \tan(90 - \theta) \cdots \cdots (1)$$

（実施例2）次にメサ形状をエッチングによって形成するときにエッチングストッパー層を用いた場合について説明する。

【0040】図2は図1と同様にエッチング前の層構造と量子細線レーザ構造の完成後の構造の断面を示したものである。図2の（a）と（b）は図1のそれぞれ（a）と（d）にあたる。図1の（b）と（c）にあたる図は類似の工程であるので省略してある。

【0041】図2（a）に示す様にn型GaAs基板（n型InP基板、n型ZnSe基板でもよい）201上に、n型ZnSeクラッド（n型ZnSSe、n型ZnMgSSeでもよい）層202、GaAsエッチングストッパー層（AlAs、AlGaAs、InGaAsでもよい）203、第二のn型ZnSeクラッド（n型ZnSSe、n型ZnMgSSeでもよい）層204、ZnCdSe（ZnSe、ZnCdS、ZnSSe、ZnSでもよい）の活性層205、p型ZnSeクラッド（p型ZnSSe、p型ZnMgSSeでもよい）層206が積層されている。

【0042】次にこのp型ZnSeクラッド層206上に適当な幅を持った適当な性能のマスクをストライプ状に形成し、この積層構造をエッチングして図1（b）と

10

20

30

40

50

同様にメサストライプ207を形成する。この時エッチングを量子井戸構造205よりも深いところまで行うことによって、メサストライプ207中に量子細線構造208が形成される。またそのエッチング深さはエッチングストッパー層203があるために自動的に停止される。従ってエッチング深さを精度よく制御することが容易であり、歩留まりの向上に大きく寄与する。

【0043】また従ってメサの深さはp型クラッド層206、量子井戸層205、第二のn型クラッド層204の厚さを足したものである。

【0044】この時エッチングに用いるエッチャントにはK2Cr2O7を含むエッチャントを用いて実施例1のものと同様である。このエッチャントを使ったエッチングによって得られるメサ形状も同様に良好である。また得られるメサ形状の選択性も同様であり、得られるメサ形状に現れている面指数も同様に(221)B面となる。埋め込みから電極形成は、実施例1に示したものと同様である。

【0045】(実施例3)次にメサ形状を形成するときにエッチングストッパー層を用いると共に量子細線構造をエッチングストッパー直上に形成する場合について説明する。

【0046】図3は図1と同様にエッチング前の層構造と量子細線レーザ構造の完成後の構造の断面を示したものである。図3の(a)と(b)は図1のそれぞれ

(a)と(d)にあたる。図1の(b)と(c)にあたる図は類似の工程であるので省略してある。

【0047】図3(a)に示す様にn型GaAs基板(n型InP基板、n型ZnSe基板でもよい)301上に、n型ZnSeクラッド(n型ZnSSe、n型ZnMgSSeでもよい)層302、GaAsエッチングストッパー層(AIAs、AlGaAs、InGaAsでもよい)303、ZnCdSe(ZnSe、ZnCdS、ZnSSe、ZnSでもよい)の活性層304、p型ZnSeクラッド(p型ZnSSe、p型ZnMgSSeでもよい)層305が積層されている。

【0048】次にこのp型ZnSeクラッド層305上に適当な幅を持った適当な性能のマスクをストライプ状に形成し、この積層構造をエッチングして図1(b)と同様にメサストライプ306を形成する。この時エッチングを量子井戸構造304まで行うことによって、メサストライプ306中に量子細線構造307が形成される。またそのエッチング深さはエッチングストッパー層203があるために自動的に停止される。従ってエッチング深さを精度よく制御することが容易であり、歩留まりの向上に大きく寄与する。

【0049】また従ってメサの深さはp型クラッド層305と量子井戸層304の厚さの和に等しい。また量子井戸層304の直下にエッチング停止層303があるために量子細線構造を形成する目的以上に深くメサを掘る

必要がなく、メサ形状の機械的な強度の低下を最低限に押さえることができる。

【0050】以下エッチングに用いるエッチャント、エッチング形状、および埋め込みから電極形成の過程は実施例1に示したものと同様である。

【0051】(実施例4)次に同様なメサ形状を量子細線構造の形成に適用する場合について説明する。

【0052】図4は本発明の第4の実施例の量子細線構造の製造工程を示した図である。図4(a)に示す様にpあるいはn型GaAs基板(あるいはpあるいはn型InP基板、あるいはpあるいはn型ZnSe基板)401上に、pあるいはn型ZnSe(あるいはpあるいはn型ZnSSe、あるいはpあるいはn型ZnMgSSe)層402、ZnCdSe(あるいはZnSe、あるいはZnCdS、あるいはZnSSe、あるいはZnS)の活性層403、pあるいはn型ZnSe(あるいはpあるいはn型ZnSSe、あるいはpあるいはn型ZnMgSSe)層404が積層されている。次にこのpあるいはn型ZnSe層404上に適当な幅を持った適当な性能のマスクをストライプ状に形成し、この積層構造をエッチングして図1(b)の様にメサストライプ405を形成する。この時エッチングを量子井戸構造403よりも深いところまで行うことによって、メサストライプ405中に量子細線構造406が形成される。

【0053】この時のエッチングは従来例1に示したものと同様なので省略する。次に図4(c)の様にメサストライプ形状をpあるいはn型埋め込み層407で埋め込む。この時この埋め込み層107の材料にはZnCdSe、ZnSe、ZnSSe、ZnS、ZnMgSSe、の中から基板401に格子整合し、量子細線構造406よりも低い屈折率を持つように選ばれる。例えば基板401がGaAsであり、量子細線構造406がZnCdSeで構成されている場合この埋め込み層は例えばZnSSeである。

【0054】この時埋め込み層407は例えば分子線結晶成長法(MBE)法か有機金属気相成長法(MOVPE)によって成長する。またこのMBE法の分子線源には例えばZnSe、ZnS、CdSe、ZnTe、MgSe、MgS等の化合物ソースを用いる。

【0055】次にやはり図4(c)にあるように量子細線構造405を埋め込んだ埋め込み層407を、量子細線構造405が露出するようにエッチングし開口408を形成する。エッチングには例えば上述した様なK2Cr2O7を含むエッチャントか飽和臭素水を含むエッチャントを用いる。

【0056】次に図4(d)にあるように開口408を設けた埋め込み層407の上にpあるいはn型にドーブしたコンタクト層409を結晶成長する。このコンタクト層409の材料には例えばZnSe、あるいはZnTe、あるいはZnSeとZnTeの多重量子井戸層、疑

10

20

30

40

50

似混晶層などが考えられる。

【0057】また上記の構成の中でコンタクト層409は無くてもよい。また上記の構成の中で各構成要素のドーピングは得ようとする特性によって最も適当な組み合わせを任意に選ぶことができる。

【0058】以上の様な過程で作成された構成は、量子細線106の幅が十分細くなるように形成することによって量子効果を現し、超低動作電圧、超高速動作などの特徴を持つ量子細線デバイスとなる。

【0059】上記量子細線構造でも量子細線406の幅はエッチングの深さと量子井戸層の位置によって任意に決定することができる。

【0060】（実施例5）次に同様なメサ形状を量子細線構造の形成に適用する上でメサ形成時にエッチングストッパー層を用いた場合について説明する。

【0061】図5は本発明の第5の実施例の量子細線構造の製造工程を示した図である。図5（a）に示す様にpあるいはn型GaAs基板（あるいはpあるいはn型InP基板、あるいはpあるいはn型ZnSe基板）501上に、pあるいはn型ZnSe（あるいはpあるいはn型ZnSSe、あるいはpあるいはn型ZnMgSSe）層502、GaAsエッチングストッパー層（AlAs、あるいはAlGaAs、InGaAs）503、第二のp型あるいはn型ZnSe（あるいはn型ZnSSe、あるいはn型ZnMgSSe）層504、ZnCdSe（あるいはZnSe、あるいはZnCdS、あるいはZnSSe、あるいはZnS）の活性層505、pあるいはn型ZnSe（あるいはpあるいはn型ZnSSe、あるいはpあるいはn型ZnMgSSe）層506が積層されている。

【0062】次にこのpあるいはn型ZnSe層506上に適当な幅を持った適当な性能のマスクをストライプ状に形成し、この積層構造をエッチングして図1（b）の様にメサストライプ407を形成する。この時エッチングを量子井戸構造505よりも深いところまで行うことによって、メサストライプ507中に量子細線構造508が形成される。またそのエッチング深さはエッチングストッパー層503があるために自動的に停止される。従ってエッチング深さを精度よく制御することが容易であり、歩留まりの向上に大きく寄与する。

【0063】また従ってメサの深さはp型あるいはn型層506、量子井戸層505、第二のp型あるいはn型層504の厚さを足したものである。

【0064】以下エッチングから埋め込みまで実施例1と同様なので省略する。

（実施例6）次に同様なメサ形状を量子細線構造の形成に適用する上でメサ形成時にエッチングストッパー層を用い、かつ量子細線構造をエッチングストッパー直上に形成する場合について説明する。

【0065】図6は本発明の第6の実施例の量子細線構造

の製造工程を示した図である。図6は（a）に示す様にpあるいはn型GaAs基板（あるいはpあるいはn型InP基板、あるいはpあるいはn型ZnSe基板）601上に、pあるいはn型ZnSe（あるいはpあるいはn型ZnSSe、あるいはpあるいはn型ZnMgSSe）層602、GaAsエッチングストッパー層（AlAs、あるいはAlGaAs、InGaAs）603、ZnCdSe（あるいはZnSe、あるいはZnCdS、あるいはZnSSe、あるいはZnS）の活性層604、pあるいはn型ZnSe（あるいはpあるいはn型ZnSSe、あるいはpあるいはn型ZnMgSSe）層605が積層されている。

【0066】次にこのpあるいはn型ZnSe層605上に適当な幅を持った適当な性能のマスクをストライプ状に形成し、この積層構造をエッチングして図6（b）の様にメサストライプ607を形成する。この時エッチングを量子井戸構造604よりも深いところまで行うことによって、メサストライプ607中に量子細線構造608が形成される。またそのエッチング深さはエッチングストッパー層603があるために自動的に停止される。従ってエッチング深さを精度よく制御することが容易であり、歩留まりの向上に大きく寄与する。

【0067】また従ってメサの深さはp型あるいはn型層605、量子井戸層604の厚さを足したものである。

【0068】以下エッチングから埋め込みまで実施例4と同様である。

【0069】

【発明の効果】本発明では適当な組成の重クロム酸を含むエッチャントでエッチングすることによって逆メサ形状を形成し量子細線構造及び量子細線レーザを実現できる。

【0070】本発明のエッチャントでII-VI結晶層上に形成されたメサ構造は<1-10>方向に逆メサであり、その側面に（221）B面を再現性よく形成できる。本発明の半導体量子細線レーザ及び量子細線構造はII-VI族系半導体に対しても適用可能で、MBE法を使った結晶成長も利用可能である。

【0071】本発明の半導体量子細線レーザ及び量子細線構造は量子細線の幅と厚さを結晶成長とエッチングによって任意に制御することが可能で量子細線構造形成の自由度が高い。

【0072】本発明の半導体量子細線レーザ及び量子細線構造は、エッチングストッパー層を用いた構造にすることにエッチング精度を向上し歩留まりを向上させることができる。

【0073】本発明の半導体量子細線レーザ及び量子細線構造は、エッチングストッパー層直上に量子細線を形成することにより機械的強度にも優れた構造を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施例の量子細線レーザの工程断面図

【図 2】本発明の第二の実施例の量子細線レーザの工程断面図

【図 3】本発明の第三の実施例の量子細線レーザの工程断面図

【図 4】本発明の第四の実施例の量子細線構造の工程断面図

【図 5】本発明の第五の実施例の量子細線構造の工程断面図 10

【図 6】本発明の第六の実施例の量子細線構造の工程断面図

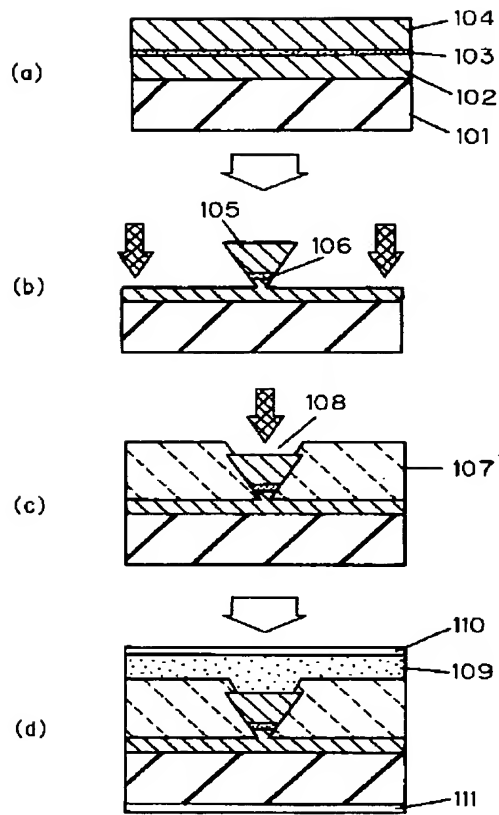
【図 7】従来の量子細線レーザの工程断面図

【図 8】本発明の実施例 1 に説明されているマスク幅、量子細線幅、メサ深さの関係を説明した図

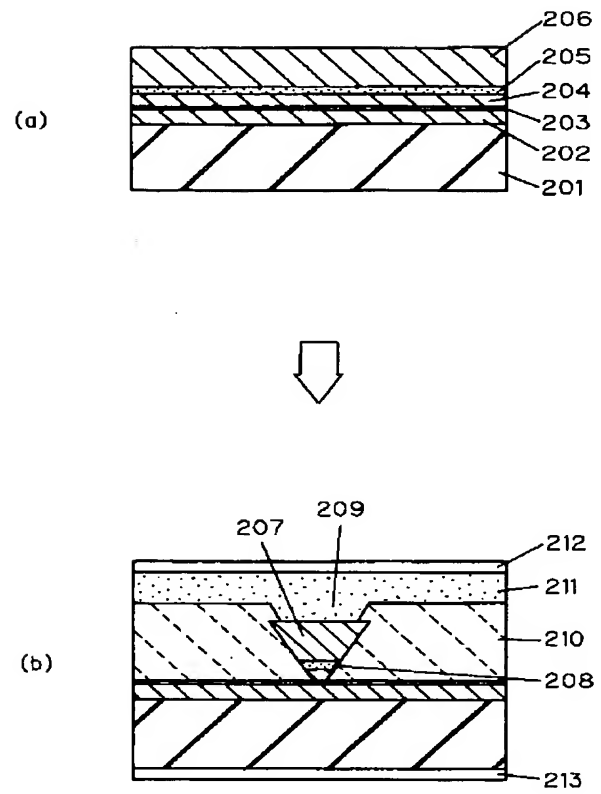
【符号の説明】

101	n 型 GaAs 基板	302	n 型 ZnSe クラッド層
102	n 型 ZnSe クラッド層	303	エッチングストッパー層
103	ZnCdSe 量子井戸層	304	ZnCdSe 量子井戸層
104	p 型 ZnSe クラッド層	305	p 型 ZnSe クラッド層
105	メサストライプ	306	メサストライプ
106	量子細線	307	量子細線
107	無ドーブ埋め込み層	308	開口
108	開口	309	埋め込み層
109	p 型コンタクト層	310	p 型コンタクト層
110	p 型電極	311	p 型電極
111	n 型電極	312	n 型電極
201	n 型 GaAs 基板	401	p 型あるいは n 型 GaAs 基板
202	n 型 ZnSe クラッド層	402	p 型あるいは n 型 ZnSe クラッド層
203	エッチングストッパー層	403	ZnCdSe 量子井戸層
204	第二の n 型 ZnSe クラッド層	404	n 型あるいは p 型 ZnSe クラッド層
205	ZnCdSe 量子井戸層	405	メサストライプ
206	p 型 ZnSe クラッド層	406	量子細線
207	メサストライプ	407	n 型あるいは p 型あるいは埋め込み層
208	量子細線	408	開口
209	開口	409	n 型あるいは p 型コンタクト層
210	埋め込み層	501	p 型あるいは n 型 GaAs 基板
211	p 型コンタクト層	502	p 型あるいは n 型 ZnSe クラッド層
212	p 型電極	503	エッチングストッパー層
213	n 型電極	504	第二の p 型あるいは n 型 ZnSe クラッド層
301	n 型 GaAs 基板	505	ZnCdSe 量子井戸層
		506	n 型あるいは p 型 ZnSe クラッド層
		507	メサストライプ
		508	量子細線
		509	開口
		510	n 型あるいは p 型あるいは埋め込み層
		511	n 型あるいは p 型コンタクト層
		601	p 型あるいは n 型 GaAs 基板
		602	p 型あるいは n 型 ZnSe クラッド層
		603	エッチングストッパー層
		604	ZnCdSe 量子井戸層
		605	n 型あるいは p 型 ZnSe クラッド層
		606	メサストライプ
		607	量子細線
		608	開口
		609	n 型あるいは p 型埋め込み層
		610	n 型あるいは p 型コンタクト層

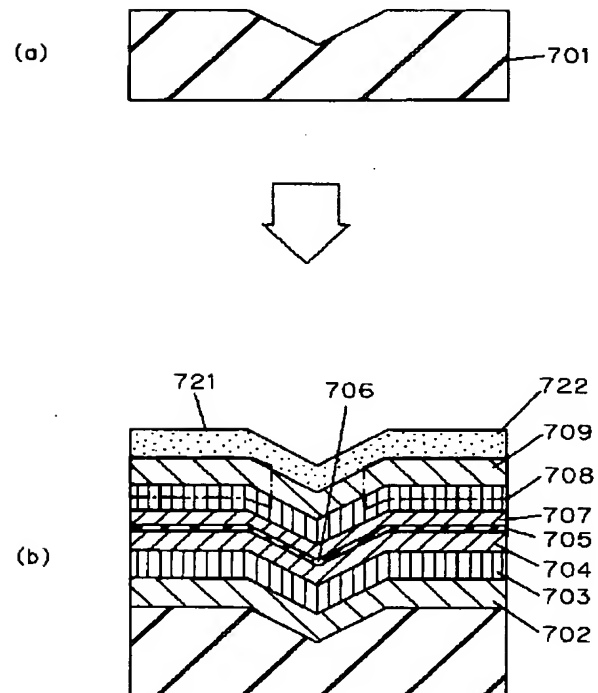
【図1】



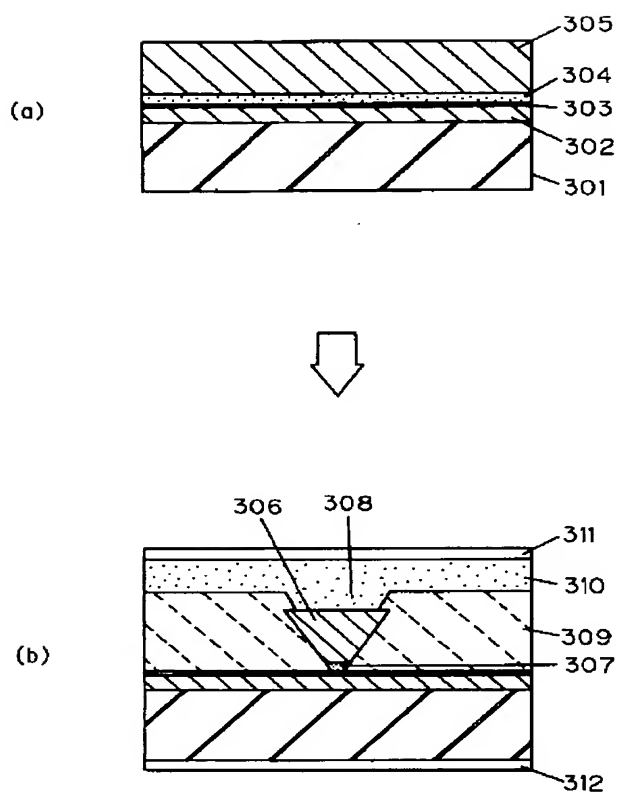
【図2】



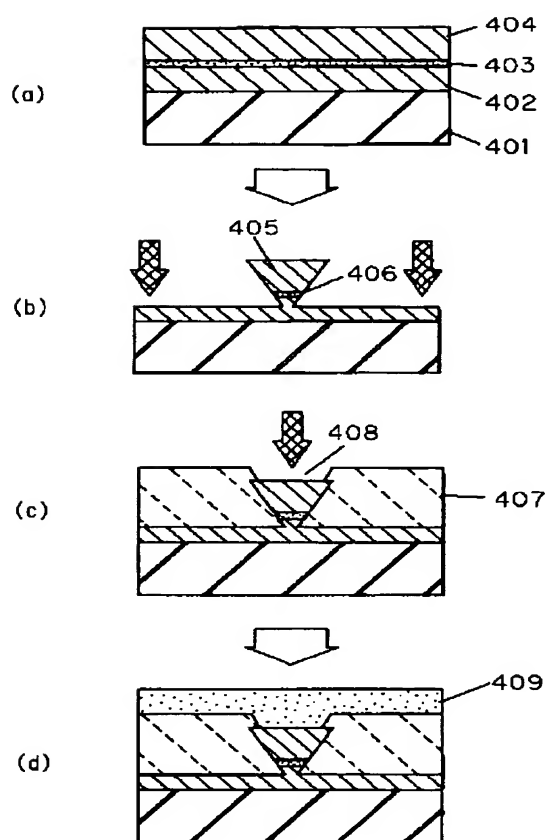
【図7】



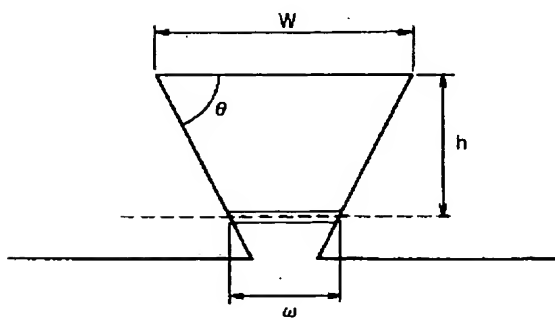
【図3】



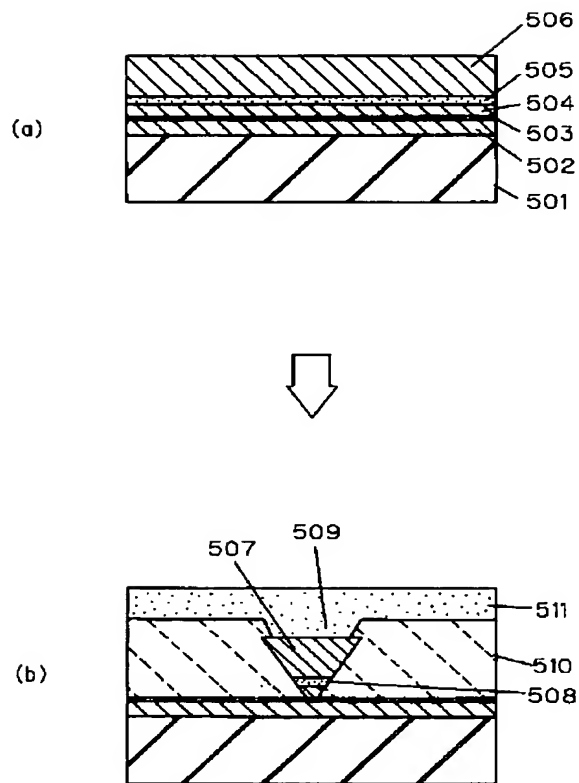
【図4】



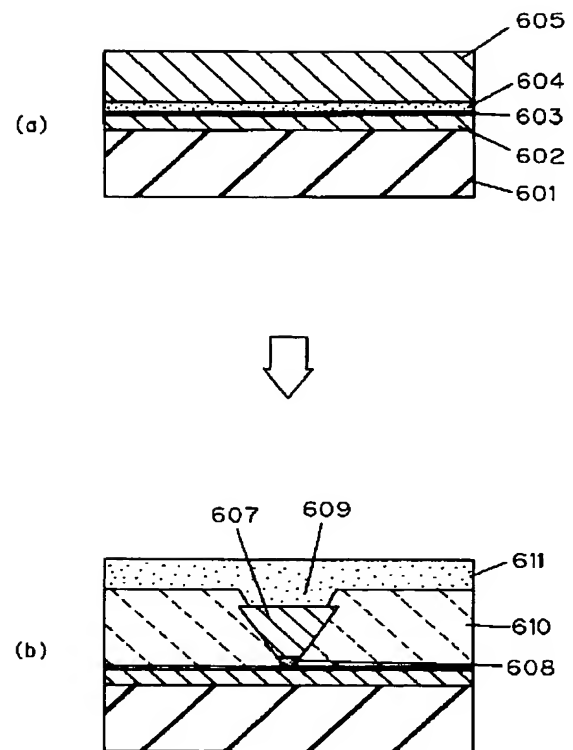
【図8】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶
H01S 3/18

識別記号 庁内整理番号

F I
H01S 3/18

技術表示箇所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.